

# 昼光利用照明設計のための基礎研究（その7）

—直射日光および天空光の同時性を考慮した出現頻度に関する研究—

土井 正・岩田三千子

## Study on Lighting Designing Based on Daylight (Part 7)

—The Actual Condition of Daylight Appearance when Taking Consideration  
of the Simultaneity of Direct Sunlight and Sky light —

TADASHI DOI and MICHIKO IWATA

### 1. はじめに

従来、昼光照明設計において、太陽直射光は変動が著しいためにそれを排除し、天空光のみを対象光源としてきた。その天空光についても輝度分布の変動が激しいことから簡便法として、均一輝度分布あるいは、CIE標準曇天空輝度分布などに基づく設計が一般的である。

しかし、直射日光を排除することはエネルギーの有効利用の観点から不適切である。そのため、なんらかの窓装備を工夫して、直射日光の昼光照明光源化が図られる。例えば、摺りガラス窓は強いグレアを生ずるが、有効な直射日光の拡散光源化の装置と考えられる。ブラインドのスラット角度をコンピュータ制御によって常に直射日光の室内への直接入射を防ぐことができる臨界遮蔽角に制御するといった手法も考えられる。しかしながら、窓は単なる照明用光源ではなく、屋外を視認することによって、様々な情報を取り入れて、在室者に心理的安らぎを与える重要な働きを有する。そのため、ブラインドなどで窓を遮蔽し、視認性を阻害することは好ましいことではない。

そこで、筆者らは窓の持つ視認性を阻害しないで、直射日光の室内への射入を防ぎながら拡散光源化できる光拡散性固定型ブラインドを開発し、それを用いた昼光照明設計法を提案し<sup>1)</sup>、直射日光および天空光の実測値に基づいて同法により計算した照度が実測値とよく一致することからその妥当性を示した<sup>2)</sup>。

しかし、昼光照明設計の場合、昼光光源の様相を明確にし窓面照度を定めなければならない。窓装置などの光学特性は光源の成分別に示されることが多くみられるが、

実際には直射日光や天空光がそれぞれ独立して窓面に入射することはない。そのため、昼光照明設計に用い

る昼光照度資料は昼光光源として直射日光および天空光照度が重畳性を有するものでなくてはならないことから、筆者らは、昼光照度の長期測定から、昼光照明設計の基礎データとして、就業昼間における直射日光および天空光照度の同時出現頻度について報告を既に行っている<sup>3)</sup>。

本報では同時出現頻度に加えて各方位窓面照度についての考察を行ったので報告する。

### 2. 研究方法

#### 2.1 解析資料

解析に用いた昼光資料は、大阪市における1984年6月21日から1985年6月20日までの1年間の水平面全昼光および天空光照度の10分間の測定値から、09:00から17:00の就業時間および太陽高度 $10^\circ$ 以上の採光昼間について抽出して解析した。

#### 2.2 鉛直面照度の算出

昼光測定データは水平面についてのものであるから、窓面照度すなわち各方位の鉛直面照度を水平面照度から算出した。まず(1)式によって水平面全昼光照度 ( $E_{GH}$ ) から水平面天空光照度 ( $E_{aH}$ )<sup>\*</sup>を控除すれば水平面直射日光照度 ( $E_{DH}$ ) が得られる。この水平面直射日光照度 ( $E_{DH}$ ) と、そのときの太陽高度 ( $h$ ) および南中時を $0^\circ$  午前中を $-$ 、午後を $+$ とする太陽方位角 ( $\phi$ ) から(2)～(5)式によって各窓方位の鉛直面直射日光照度 ( $E_{DV}$ ) が求められる。

水平面直射日光照度

$$E_{DH} = E_{GH} - E_{aH} \quad (1)$$

南向き鉛直面直射日光照度

$$E_{DVS} = (E_{DH} / \sin h) \cdot \cosh \cdot \cos \phi \quad (2)$$

北向き鉛直面直射日光照度

$$E_{DVN} = - (E_{DH} / \sin h) \cdot \cosh \cdot \cos \phi \quad (3)$$

東向き鉛直面直射日光照度

$$E_{DVE} = - (E_{DH} / \sin h) \cdot \cosh \cdot \sin \phi \quad (4)$$

西向き鉛直面直射日光照度

$$E_{DVW} = (E_{DH} / \sin h) \cdot \cosh \cdot \sin \phi \quad (5)$$

鉛直面天空光照度 ( $E_{dV}$ ) については、天空がほぼ均一輝度の拡散光源と考えられることから、(6)式で求める。

$$E_{dV} = 1/2 E_{dH} \quad (6)$$

また、鉛直面地物反射光照度 ( $E_{gV}$ ) については水平面天空光照度の  $1/10$  と見なした。

但し、

$E_{dH}$  : 水平面全昼光照度 [lx]

$E_{DH}$  : 水平面直射日光照度 [lx]

$E_{dV}$  : 水平面天空光照度 [lx]

$h$  : 太陽高度  $^{\circ}$

$\phi$  : 太陽方位角  $^{\circ}$

$E_{DV}$  : 鉛直面直射光照度 [lx]

$E_{dV}$  : 鉛直面天空光照度 [lx]

$E_{gV}$  : 地物反射光鉛直面照度 [lx]

$E_{DVS}$  : 南向鉛直面直射日光照度 [lx]

$E_{DVN}$  : 北向鉛直面直射日光照度 [lx]

$E_{DVE}$  : 東向鉛直面直射日光照度 [lx]

$E_{DVW}$  : 西向鉛直面直射日光照度 [lx]

\* 一般に、直射光を排除した天空光による照度は全天空照度とよばれるが、本報では、直射日光照度との違いを明確にするため天空光照度としている。

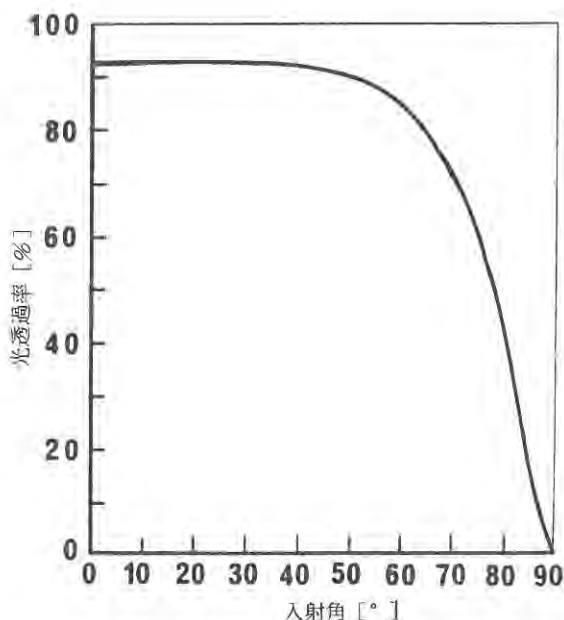
### 2.3 窓面ガラスの光透過率

屋光が室内に射入する場合、一般にガラス面を透過し、その影響を受ける。直射光に対する普通ガラスの光透過率は図1に示される如く、入射角が大きくなる（太陽高度が高くなる）と急激に減少する。そのため、屋光照明設計のための資料としてガラス透過後の屋光照度の実態を捉えておく必要がある。

そこで、図1に示した透明板ガラスの光透過特性<sup>9)</sup>より、入射角には(7)式で与えられ各正方位に対するプロフィール角 ( $ph$ ) を用いて、最小二乗法による回帰式(8)式を求め、これより直射光に対する普通板ガラスの透過率 ( $\tau_D$ ) を算出している。また、拡散光に対する透過率 ( $\tau_a$ ) は83%を採用している<sup>9)</sup>。

$$ph = \tan^{-1} \{ \tan(h) / \cos(\phi) \} \quad (7)$$

$$\tau_D = 92.1049 - 6.49303E - 3 \cdot ph - 3.74325E - 3 \cdot ph^2 + 2.33893E - 4 \cdot ph^3 - 3.54189E - 6 \cdot ph^4 \quad [\%] \quad (8)$$



(11) 図1 普通板ガラスの光透過特性 (理論値)  
(文献4)より)

(但し、式中のEは指数形式の表示を表わしている。)  
窓ガラス透過後の鉛直面照度は各鉛直面照度にこれらの透過率を乗じたものになる。

## 3. 結果および考察

### 3.1 水平面昼光照度の出現頻度

水平面全昼光照度の採光昼間と就業時間帯との比較を行うと年間平均値では図2に示すようになり、概ね、就業時間帯の全昼光照度の平均値は採光昼間より1.3倍程度高くなっている。このことは、図3、図4に示すように光源である太陽位置（高度、方位角）の出現頻度分布は、冬季の南西から西にかけての低い高度を除いて、就

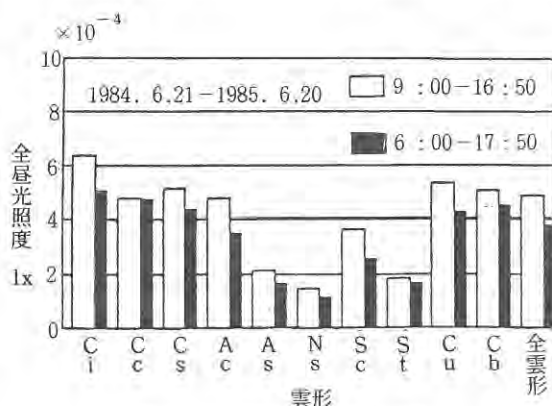


図2 雲形別全昼光照度 (大阪)

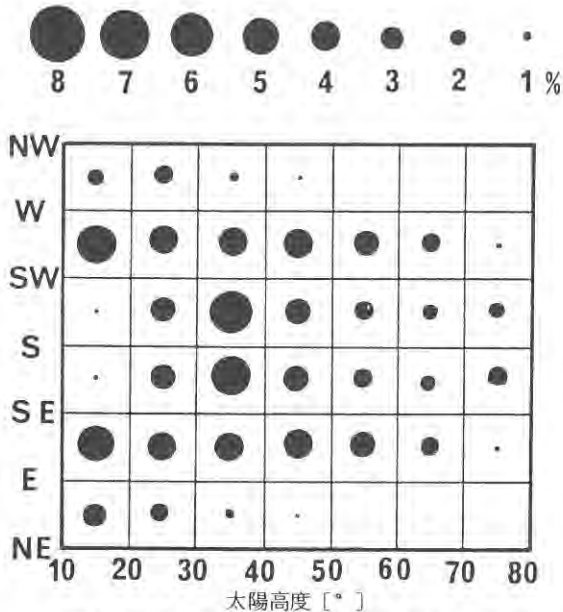


図3 太陽位置の出現頻度(大阪:採光昼間)

業時間帯における太陽は採光昼間よりも高い高度域に分布が多く、そのため、太陽高度の低い天空にも出現する採光昼間におけるものより、水平面における照度の平均値が大きくなっていると考えられる。

次に、水平面全昼光、直射日光および天空光照度の年間の出現累積頻度を図5に示す。これは、同時性を考慮したものではないため、直射成分と天空成分を単純に重畳したものが全昼光を示すものではない。ここで、天空光照度について従来の報告例<sup>9)</sup>と比較すると、図6に示すように本研究の結果は、中間照度帯で高照度側にずれている。1/4天空に基づく天空照度とは北西から北東の北四半球の天空光照度を4倍したものであり、1/4天空の場合、太陽近傍の高輝度の天空部分が含まれていない。そのため、太陽近傍の高輝度の天空を含めて測定された本研究における天空光照度の方が高くなっていると推察される。

### 3.2 鉛直面昼光照度の出現頻度

図7に就業時間帯の鉛直面照度の累積頻度分布を示す。東西面での出現値の差異が著しいが、就業時間帯であることから、東面より西面に太陽直射光があたる時間が長いことからやや高照度域の頻度が高い。また逆に、冬季には太陽高度が低い時間が多く、数百lx以下の出現頻度が高くなっている。さらに、東側に山地、西側に海を有する大阪地方の地理的環境から天候の出現状態が午前と午後で異なることによるためと考えられる。

次に、各方位鉛直面における全昼光照度の累積相対頻

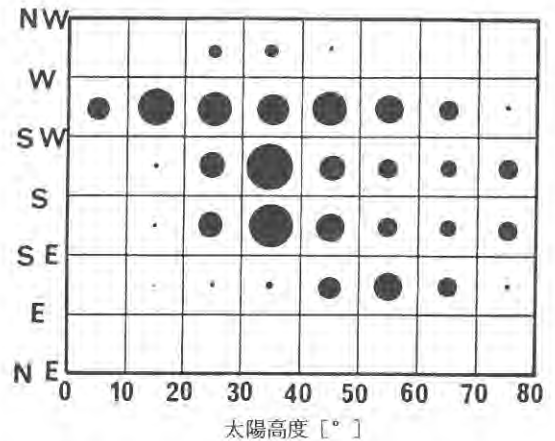


図4 太陽位置の出現頻度(大阪:就業時間帯)

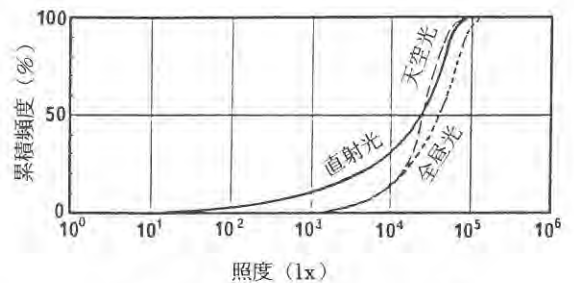


図5 水平面昼光照度の累積出現頻度

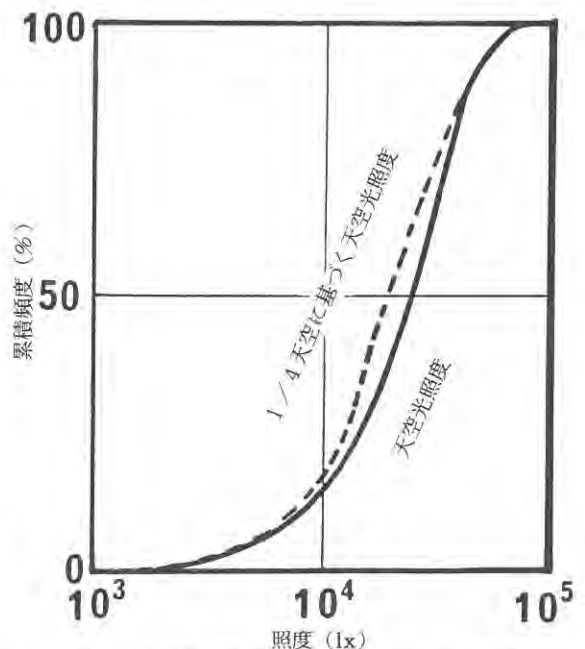


図6 水平面天空光照度の累積出現頻度の比較

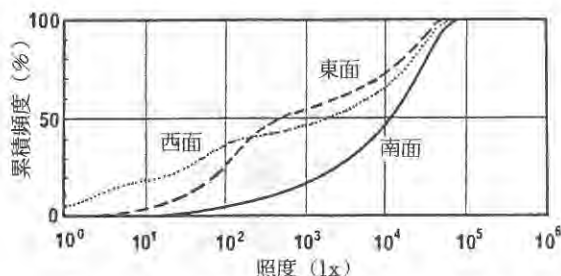


図7 各方位鉛直面直射光照射度の累積出現頻度

度分布から、同一の相対頻度数（80, 60, 40, 20%）を与える照度を滑らかな曲線で結んだものを採光昼間におけるものを図8に、就業昼間におけるものを図9に示す。就業昼間に関する橋崎ら<sup>6)</sup>の報告（1980-1981年の大阪

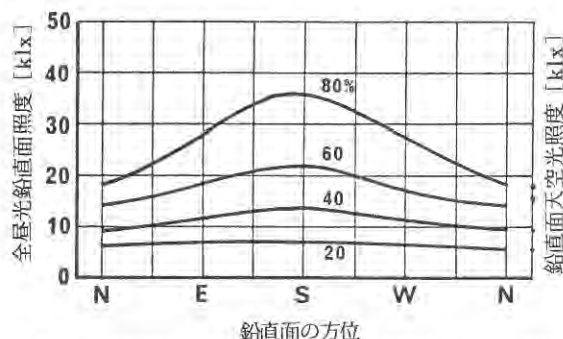


図8 鉛直面の方位と全昼光照射度の累積相対頻度との関係（採光昼間）

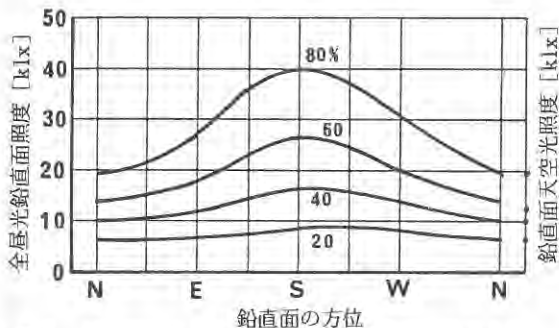


図9 鉛直面の方位と全昼光照射度の累積相対頻度との関係（就業時間帯）

における観測記録）と60%値でやや異なるが概ねよく一致している。太陽の位置による東西南北各鉛直面における昼光照射度の出現実態を見るために、太陽高度 $10^\circ$ ごと、太陽方位角 $45^\circ$ ごとの全昼光照射度の平均値を求め、表1から表4に示した。同様にして求めた鉛直面天空光照射度の平均値を表5に示した。北面では東西方位より北側に

太陽が位置して、直射日光が入射する場合を除いて、全昼光照射度の平均値は鉛直面天空光照射度とよく一致している。また、南鉛直面では南方位を中心に東西でほぼ対称の分布を示し、東鉛直面は太陽が南より東側にある午前中に高い照度が得られ、午後は当然ながら日照が得られないため、天空光照射度に一致し、西鉛直面ではその逆になっている。真南より、同方位角分離れた位置に太陽がある東面の $-135^\circ \sim -90^\circ$ の区間と西面における $90^\circ \sim 135^\circ$ の区間における全昼光照射度の平均値はどの太陽高度帯においても、西面の方が東面より高い照度が得られている。

### 3.3 鉛直面直射日光照射度に及ぼすガラスの影響について

ガラスの直射光に対する光透過率は入射角が大きくなる、すなわち鉛直面では太陽高度（プロファイル角）が高くなると急激に減少する。快晴で、曇による遮蔽や散乱がないとするなら水平面の直射日光照射度は南中時が最大になる。そのため、東面、南面および西面のいずれも高い照度が得られるのは南中前後の時間範囲と考えられるが、南中前後で太陽高度が高いときにはプロファイル角は大きくなり、そのため透過率が小さくなることから、図10で示されるように、低照度域（太陽高度が低くてガラスの透過率が比較的高い）よりもガラスの影響を受けて高照度域での減衰が認められる。

次に、光源である太陽の位置によるガラスの影響をみるために太陽高度 $10^\circ$ ごと、方位角 $45^\circ$ ごとのガラス透過後の鉛直面全昼光照射度の平均値を求め、表6から表8に示した。北面ではガラス面と直射日光はほとんど鏡面反射に近い状態になることから透過率は小さくなり直射日光による照度は天空光照射度に比べて無視できるため表を省いている。ガラス透過後の鉛直面天空光照射度については表9に示した。これらから、ガラス透過前（表1～4）に比べて、各鉛直面に対しての入射角が大きくなる斜め方向から直射日光が入射する太陽位置の区分で減衰が認められる。天空光照射度は表5にガラスの拡散透過率83%を乗じたものが表9になる。

### 3.4 直射日光照射度と天空光照射度の同時出現頻度

図10から図13に直射日光照射度と天空光照射度の同時出現頻度を示す。図中のドットの面積が出現頻度に比例しており、照度は対数軸で等間隔になるように階級分けし、表10にその照度レベルを示す。これらの図から、直射日光照射度と天空光照射度が同時に出現する照度レベルの組合せはかなり集中していることが認められた。すなわち、水平面では天空光照射度 $32000\text{lx}$ 前後、直射日光照射度 $50000\text{lx}$ 前後の組合せであり、南向き鉛直面では天空光 $16000\text{lx}$

表1 太陽位置別全昼光鉛直面照度(南面)

採光昼間 N=20363

$h$ $\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
10° ≤ >20°	5300 569	11100 1085	20500 118	21700 84	10500 1088	5700 491
20° ≤ >30°	9100 494	16900 819	33900 738	31000 714	15100 802	9500 501
30° ≤ >40°	13000 310	20200 760	39300 1192	37400 1260	20100 718	13200 342
40° ≤ >50°	15500 33	23700 837	35100 601	34300 639	23200 802	14800 66
50° ≤ >60°		27900 680	35400 493	36300 495	27500 682	
60° ≤ >70°		29800 501	40700 344	40100 360	29300 509	
70° ≤ >80°		31400 128	32400 490	31900 480	30900 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

就業時間帯 N=15986

$h$ $\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
0° ≤ >10°					4100 602	
10° ≤ >20°		21600 11	21900 58	21700 84	11200 968	
20° ≤ >30°		20300 109	34100 716	31000 714	15100 802	10200 283
30° ≤ >40°		23900 228	39300 1192	37400 1260	20100 718	13200 342
40° ≤ >50°		27300 491	35100 601	34300 639	23200 802	14800 66
50° ≤ >60°		27900 680	35400 493	36300 495	27500 682	
60° ≤ >70°		29800 501	40700 344	40100 360	29300 509	
70° ≤ >80°		31400 128	32400 490	31900 480	30900 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

表2 太陽位置別全昼光鉛直面照度(北面)

採光昼間 N=20363

$h$ $\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
10° ≤ >20°	7000 569	5300 1085	6300 118	6600 84	5200 1088	7400 491
20° ≤ >30°	11000 494	9200 819	9300 738	9800 714	9200 802	11400 501
30° ≤ >40°	14200 310	12900 760	13000 1192	13000 1260	16200 718	15200 342
40° ≤ >50°	16000 33	16700 837	16500 601	15900 639	16200 802	15200 66
50° ≤ >60°		20400 680	18600 493	17600 495	19200 682	
60° ≤ >70°		22100 501	20600 344	19100 360	21600 509	
70° ≤ >80°		24900 128	23700 490	23600 480	24600 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

就業時間帯 N=15986

$h$ $\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
0° ≤ >10°					2000 602	
10° ≤ >20°		8200 11	6800 58	6600 84	5400 968	
20° ≤ >30°		9600 109	9300 716	9800 714	9200 802	11700 283
30° ≤ >40°		12400 228	13000 1192	13000 1260	12700 718	14600 342
40° ≤ >50°		17000 491	16500 601	15900 639	16200 802	15200 66
50° ≤ >60°		20400 680	18600 493	17600 495	19200 682	
60° ≤ >70°		22100 501	20600 344	19100 360	21600 509	
70° ≤ >80°		24900 128	23700 490	23600 480	24600 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数



表 3 太陽位置別全昼光鉛直面照度 (東面)

採 光 昼 間 N=20363

h φ	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
10° ≤ >20°	14900 569	16300 1085	19900 118	6600 84	5300 1088	5700 491
20° ≤ >30°	23600 494	28000 819	25800 738	9800 714	9200 802	9500 501
30° ≤ >40°	28400 310	34800 760	22300 1192	13000 1260	12700 718	13200 342
40° ≤ >50°	31000 33	38600 837	24300 601	15900 639	16200 802	14800 66
50° ≤ >60°		38900 680	26300 493	17600 495	19200 682	
60° ≤ >70°		35900 501	29700 344	19100 360	21600 509	
70° ≤ >80°		33100 128	27500 490	23600 480	24600 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

就 業 時 間 帯 N=15986

h φ	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
0° ≤ >10°					2000 602	
10° ≤ >20°		22500 11	20800 58	6600 84	5400 968	
20° ≤ >30°		22300 109	25800 716	9800 714	9200 802	10100 283
30° ≤ >40°		28700 228	22300 1192	13000 1260	12700 718	13200 342
40° ≤ >50°		39500 491	24300 601	15900 639	16200 802	14800 66
50° ≤ >60°		38900 680	26300 493	17600 495	19200 682	
60° ≤ >70°		35900 501	29700 344	19100 360	21600 509	
70° ≤ >80°		33100 128	27500 490	23600 480	24600 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

表 4 太陽位置別全昼光鉛直面照度 (西面)

採 光 昼 間 N=20363

h φ	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
10° ≤ >20°	5300 569	5300 1085	6300 118	20700 84	14700 1088	15200 491
20° ≤ >30°	9100 494	9200 819	9300 738	24000 714	23800 802	24200 501
30° ≤ >40°	13000 310	12900 760	13000 1192	21100 1260	34300 718	31200 342
40° ≤ >50°	15500 33	16700 837	16500 601	22400 639	37800 802	35400 66
50° ≤ >60°		20400 680	18600 493	25600 495	39900 682	
60° ≤ >70°		22100 501	20600 344	28000 360	35400 509	
70° ≤ >80°		24900 128	23700 490	27100 480	35400 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

就 業 時 間 帯 N=15986

h φ	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
0° ≤ >10°					6100 602	
10° ≤ >20°		8200 11	6800 58	20700 84	15100 968	
20° ≤ >30°		9600 109	9300 716	23900 714	23800 802	26400 283
30° ≤ >40°		12400 228	13000 1192	21100 1260	34300 718	31200 342
40° ≤ >50°		17000 491	16500 601	22400 639	37800 802	35400 66
50° ≤ >60°		20400 680	18600 493	25600 495	39900 682	
60° ≤ >70°		22100 501	20600 344	28000 360	35400 509	
70° ≤ >80°		24900 128	23700 490	27100 480	32600 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

表5 太陽位置別全昼光鉛直面照度(西面)

採光昼間 N=20363

$h$ $\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
$10^\circ \leq < 20^\circ$	5300 569	5300 1085	6300 118	6600 84	5200 1088	5700 491
$20^\circ \leq < 30^\circ$	9100 494	9200 819	9300 738	9800 714	9200 802	9500 501
$30^\circ \leq < 40^\circ$	13000 310	12900 760	13000 1192	13000 1260	12700 718	13200 342
$40^\circ \leq < 50^\circ$	15500 33	16700 837	16500 601	15900 639	16200 802	14800 66
$50^\circ \leq < 60^\circ$		20400 680	18600 493	17600 495	19200 682	
$60^\circ \leq < 70^\circ$		22100 501	20600 344	19100 360	21600 509	
$70^\circ \leq < 80^\circ$		24900 128	23700 490	23600 480	24600 138	

上段: 全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段: データ数

就業時間帯 N=15986

$h$ $\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
$0^\circ \leq < 10^\circ$					1800 602	
$10^\circ \leq < 20^\circ$		8200 11	6800 58	6600 84	5400 968	
$20^\circ \leq < 30^\circ$		9800 109	9300 716	9800 714	9200 802	10200 283
$30^\circ \leq < 40^\circ$		12400 228	13000 1192	13000 1260	12700 718	13200 342
$40^\circ \leq < 50^\circ$		17000 491	16500 601	15900 639	16200 802	14800 66
$50^\circ \leq < 60^\circ$		20400 680	18600 493	17600 495	19200 682	
$60^\circ \leq < 70^\circ$		22100 501	20600 344	19100 360	21600 509	
$70^\circ \leq < 80^\circ$		24900 128	23700 490	27600 480	24600 138	

上段: 全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段: データ数

表6 太陽位置別窓ガラス透過後の全昼光鉛直面照度(東面)

採光昼間 N=20363

$h$ $\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
$10^\circ \leq < 20^\circ$	13200 569	14500 1085	17700 118	5500 84	4300 1088	4700 491
$20^\circ \leq < 30^\circ$	20900 494	25000 819	22800 738	8200 714	7600 802	7900 501
$30^\circ \leq < 40^\circ$	24900 310	30800 760	18200 1192	10800 1260	10600 718	11000 342
$40^\circ \leq < 50^\circ$	27100 33	33700 837	19500 601	13200 639	13400 802	12300 66
$50^\circ \leq < 60^\circ$		32700 680	20400 493	14600 495	15900 682	
$60^\circ \leq < 70^\circ$		28400 501	21800 344	15800 360	18000 509	
$70^\circ \leq < 80^\circ$		25200 128	21000 490	19600 480	20400 138	

上段: 全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段: データ数

就業時間帯 N=15986

$h$ $\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
$0^\circ \leq < 10^\circ$					1500 602	
$10^\circ \leq < 20^\circ$		20000 11	18500 58	5500 84	4500 968	
$20^\circ \leq < 30^\circ$		19700 109	22700 716	8200 714	7600 802	8400 283
$30^\circ \leq < 40^\circ$		25200 228	18200 1192	10800 1260	10600 718	11000 342
$40^\circ \leq < 50^\circ$		34300 491	19500 601	13200 639	13500 802	12300 66
$50^\circ \leq < 60^\circ$		32600 680	20500 493	14600 495	19200 682	
$60^\circ \leq < 70^\circ$		28400 501	21800 344	15800 360	18000 509	
$70^\circ \leq < 80^\circ$		25200 128	21000 490	19600 480	20400 138	

上段: 全昼光鉛直面照度平均値 [1×] 下段: データ数

表 7 太陽位置別窓ガラス透過後の全屋光鉛直面照度 (南面)

採 光 屋 間 N = 20363

$\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
$10^\circ \leq$	4400	9700	18300	19300	9100	4700
$>20^\circ$	569	1085	118	84	1088	491
$20^\circ \leq$	7500	14400	30300	27600	12800	7900
$>30^\circ$	494	819	738	714	802	501
$30^\circ \leq$	10800	16500	35000	33200	16400	11000
$>40^\circ$	310	760	1192	1260	718	342
$40^\circ \leq$	12900	18800	30500	29800	18300	12900
$>50^\circ$	33	837	601	639	802	66
$50^\circ \leq$		21400	29700	30400	21000	
$>60^\circ$		680	493	495	682	
$60^\circ \leq$		22400	31800	31300	22000	
$>70^\circ$		501	344	360	509	
$70^\circ \leq$		23700	24500	24200	23400	
$>80^\circ$		128	490	480	138	

上段：全屋光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

試 査 時 間 帯 N = 15986

$\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
$0^\circ \leq$					3600	
$>10^\circ$					602	
$10^\circ \leq$		19100	19500	19300	9800	
$>20^\circ$		11	58	84	968	
$20^\circ \leq$		17800	30500	27600	12800	8400
$>30^\circ$		109	716	714	802	283
$30^\circ \leq$		20500	35000	33200	16400	11000
$>40^\circ$		228	1192	1260	718	342
$40^\circ \leq$		21800	30500	30000	18400	12300
$>50^\circ$		491	601	639	802	66
$50^\circ \leq$		21300	30000	30500	21000	
$>60^\circ$		680	493	495	682	
$60^\circ \leq$		22400	31800	31300	22000	
$>70^\circ$		501	344	360	509	
$70^\circ \leq$		23700	24500	24200	23400	
$>80^\circ$		128	490	480	138	

上段：全屋光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

表 8 太陽位置別窓ガラス透過後の全屋光鉛直面照度 (西面)

採 光 屋 間 N = 20363

$\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
$10^\circ \leq$	4400	4400	5200	18400	13100	13500
$>20^\circ$	569	1085	118	84	1088	491
$20^\circ \leq$	7500	7600	7700	21000	21100	21400
$>30^\circ$	494	819	738	714	802	501
$30^\circ \leq$	10800	10700	10800	17200	30400	27500
$>40^\circ$	310	760	1192	1260	718	342
$40^\circ \leq$	12900	13800	13700	18000	33000	31100
$>50^\circ$	33	837	601	639	802	66
$50^\circ \leq$		16900	15400	19800	33500	
$>60^\circ$		680	493	495	682	
$60^\circ \leq$		18300	17100	20400	28000	
$>70^\circ$		501	344	360	509	
$70^\circ \leq$		20700	19700	20800	24900	
$>80^\circ$		128	490	480	138	

上段：全屋光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数

試 査 時 間 帯 N = 15986

$\phi$	-135° ~ -90°	-90° ~ -45°	-45° ~ 0°	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°
$0^\circ \leq$					5500	
$>10^\circ$					602	
$10^\circ \leq$		6800	5600	18400	13400	
$>20^\circ$		11	58	84	968	
$20^\circ \leq$		8000	7700	21000	22100	23400
$>30^\circ$		109	716	714	802	283
$30^\circ \leq$		10300	10800	17200	30400	27500
$>40^\circ$		228	1192	1260	718	342
$40^\circ \leq$		21800	30500	30000	18400	12300
$>50^\circ$		491	601	639	802	66
$50^\circ \leq$		17000	15500	20000	33500	
$>60^\circ$		680	493	495	682	
$60^\circ \leq$		18300	17100	20400	28000	
$>70^\circ$		501	344	360	509	
$70^\circ \leq$		20700	19700	20800	24900	
$>80^\circ$		128	490	480	138	

上段：全屋光鉛直面照度平均値 [1×] 下段：データ数



表9 太陽位置別窓ガラス透過後の鉛直面天空光照度

採光屋間 N=20363

$h$ $\phi$	$-135^\circ \sim -90^\circ$	$-90^\circ \sim -45^\circ$	$-45^\circ \sim 0^\circ$	$0^\circ \sim 45^\circ$	$45^\circ \sim 90^\circ$	$90^\circ \sim 135^\circ$
$10^\circ \leq$ $>20^\circ$	4400 569	4400 1085	5200 118	5500 84	4300 1088	4700 491
$20^\circ \leq$ $>30^\circ$	7500 494	7600 819	7700 738	8200 714	7600 802	7900 501
$30^\circ \leq$ $>40^\circ$	10800 310	10700 760	10800 1192	10800 1260	10600 718	11000 342
$40^\circ \leq$ $>50^\circ$	12900 33	13800 837	13700 601	13200 639	13400 802	12300 66
$50^\circ \leq$ $>60^\circ$		16900 680	15400 493	14600 495	15900 682	
$60^\circ \leq$ $>70^\circ$		18300 501	17100 344	15800 360	18000 509	
$70^\circ \leq$ $>80^\circ$		20700 128	19700 490	19600 480	20400 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [ $1 \times$ ] 下段：データ数

就業時間帯 N=15986

$h$ $\phi$	$-135^\circ \sim -90^\circ$	$-90^\circ \sim -45^\circ$	$-45^\circ \sim 0^\circ$	$0^\circ \sim 45^\circ$	$45^\circ \sim 90^\circ$	$90^\circ \sim 135^\circ$
$0^\circ \leq$ $>10^\circ$					1500 602	
$10^\circ \leq$ $>20^\circ$		6800 11	5600 58	5500 84	4500 968	
$20^\circ \leq$ $>30^\circ$		8000 109	7700 716	8200 714	7600 802	8400 283
$30^\circ \leq$ $>40^\circ$		10300 228	10800 1192	10800 1260	10600 718	11000 342
$40^\circ \leq$ $>50^\circ$		14100 491	13700 601	13200 639	13400 802	12300 66
$50^\circ \leq$ $>60^\circ$		16900 680	15400 493	14600 495	15900 682	
$60^\circ \leq$ $>70^\circ$		18300 501	17100 344	15800 360	18000 509	
$70^\circ \leq$ $>80^\circ$		20700 128	19700 490	19600 480	20400 138	

上段：全昼光鉛直面照度平均値 [ $1 \times$ ] 下段：データ数

表10 照度範囲記号表

記号	照度レベル	照度範囲 ( $1 \times$ )	記号	照度レベル	照度範囲 ( $1 \times$ )
A	2	$0 \leq X < 3$	J	1000	$800 \leq X < 1600$
B	4	$3 \leq X < 6$	K	2000	$1600 \leq X < 3200$
C	8	$6 \leq X < 12$	L	4000	$3200 \leq X < 6300$
D	16	$12 \leq X < 25$	M	8000	$6300 \leq X < 12500$
E	32	$25 \leq X < 50$	N	16000	$12500 \leq X < 25000$
F	63	$50 \leq X < 100$	O	32000	$25000 \leq X < 50000$
G	125	$100 \leq X < 200$	P	63000	$50000 \leq X < 100000$
H	250	$200 \leq X < 400$	Q	125000	$100000 \leq X$
I	500	$400 \leq X < 800$			

x前後, 直射光32000lx前後の組合せである。これらは, 天空光および直射光各々における出現頻度の高い範囲に一致している。故に, この範囲を昼光照明設計用の光源

レベルと考えてよい。

#### 4. おわりに

従来の均一輝度天空や, CIE標準曇天空などの天空光のみによる昼光照明では直射日光を排除することからエネルギーの有効利用の観点から問題といえる。さらに, 排除ゆえに直射日光の実態を捉えた設計用の昼光資料は未整備であった。筆者らは既に光拡散性固定型ブラインド及びそれによる照明設計法の開発により直射日光が昼光光源として有効利用可能なことを示している。

昼光による室内照度の恒常的な予測には, 日射量に関する標準気象データのような資料の作成が待たれるが,

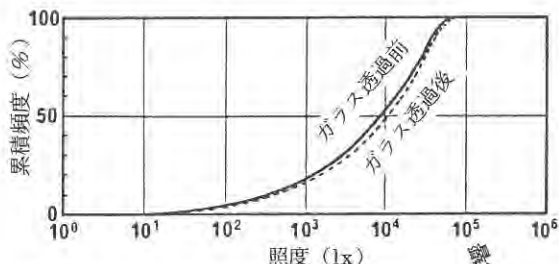


図10 南向き鉛直面直射光照度に及ぼすガラスの

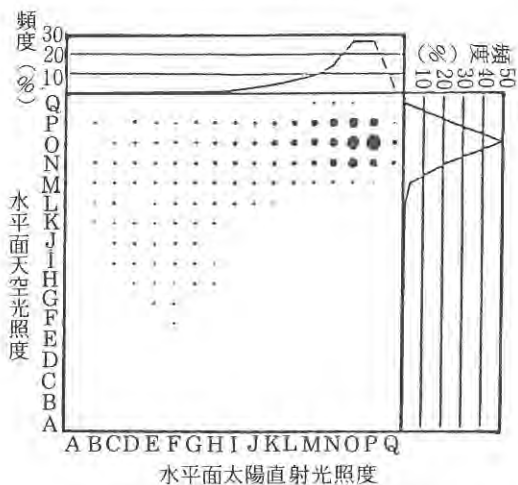


図11 水平面天空光照度と太陽直射光照度の照度レベルと出現頻度との関係

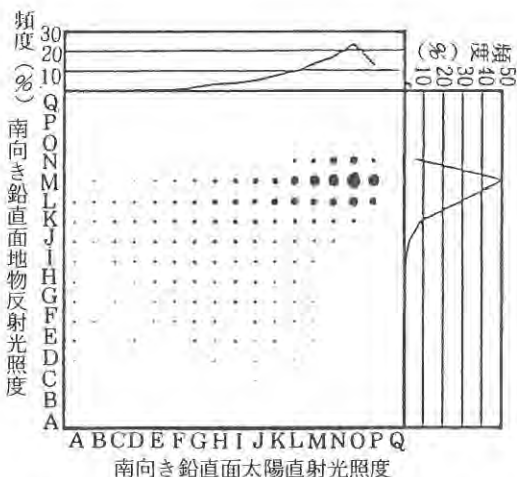


図13 南向き鉛直面地物反射光照度と太陽直射光照度の照度レベルと出現頻度との関係

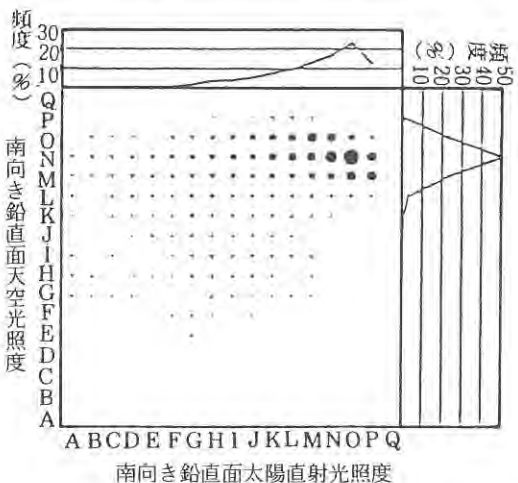


図12 南向き鉛直面天空光照度と太陽直射光照度レベルと出現頻度との関係

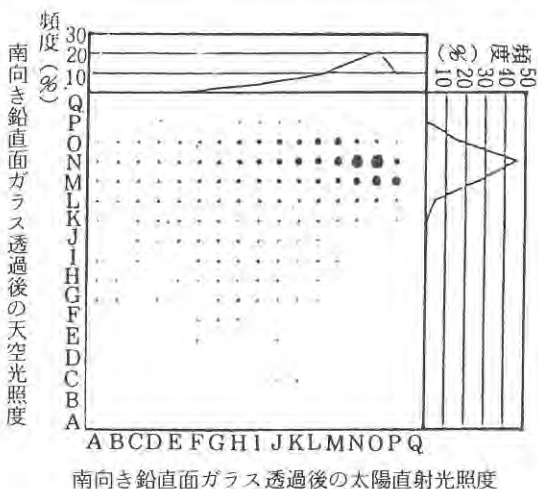


図14 南向き鉛直面ガラス透過後の天空光照度と太陽直射光照度の照度レベルと出現頻度との関係

所定期間における直射日光と天空光による鉛直面照度について、どの程度の値がどれくらいの頻度で得られるかが資料として与えられれば昼光照明設計に資することができる。そのため、光源としての太陽の位置別に東西南北4方位の鉛直面照度の出現実態を捉えた。また、一般的には窓面にはガラスが装備されることから、太陽の移動による入射角の変化による影響をガラスの光透過率から検討した。さらに、直射日光および天空光の同時出現頻度を求めている。本報では、1年間の昼光照度の測定値によって検討しているが、現在、ほぼ5年間の測定値の整備を行っており、これらの資料によるより詳細な検討を4方位だけでなく、その他の方位鉛直面についても行う予定である。

### 謝 辞

本研究は大阪市立大学生生活科学部教授中根芳一先生のご指導のもとに行われたものであることをここに記して、先生のご指導とご助言に深く感謝致します。

### 引用文献

1) 中根芳一・土井正・横田圭：光拡散性固定型ブラインドの開発及びそれによる昼光設計法，日

本建築学会環境工学論文集，No.5，pp.89-94，1983.1

2) 中根芳一・土井正・横田圭：昼光利用照明設計のための基礎研究(その1) ベネチアン・ブラインドの透過指向特性について，大阪市立大学生生活科学部紀要，vol.30，1982

3) 中根芳一・土井正・岩田三千子：昼光照度及び日射量に関する研究(その3 太陽直射光及び天空光照度の同時性を考慮した出現頻度からの検討)，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学，p.469-470，1987

4) 松浦邦男「建築環境工学I」，朝倉書店，pp.64，1974

5) 土井正・中根芳一：昼光利用照明設計のための基礎研究(その3) 昼光照度及び日射量に関する研究，大阪市立大学生生活科学部紀要，vol.31，pp.147-155，1983

6) 檜崎正也・佐藤隆二・大野治代・黒田和夫：全昼光を対象とする昼光照明設計に関する研究 その1 設計手法の基本的な考え方と年間の就業時間帯における昼光の実態，日本建築学会近畿支部研究報告集，vol.24，pp.177-180，1984.6

(平成元年10月11日受理)

### Summary

Daylighting design method has so far employed only sky light as light source and has been carried out according to uniform sky and the CIE standard overcast sky. However, to exclude direct sunlight is inappropriate from the view of efficient energy use.

Therefore, the authors are developing the diffusing fixed slat blind which enables to use direct sunlight efficiently as daylight source.

Although the optical characteristic of window equipment such as Venetian blinds including the above mentioned blind are expressed by respective light source elements (direct light and diffused light), actually it is an unseen phenomena that direct sunlight and sky light enter onto a window surface separately. For forecasting the interior illuminance generated by skylight, it is demanded to obtain both the value and the frequency simultaneously when direct sunlight illuminance and sky light illuminance enter onto a window surface.

In this paper, according to the result of daylight illuminance observation carried out in Osaka, the authors have obtained the global daylight on vertical faced to all directions, both the direct sunlight illuminance and sky light illuminance, and the frequency distribution of the simultaneous value of the direct sunlight illuminance and sky light illuminance.